

⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 2724372 C2

⑤ Int. Cl. 4:  
B03C 3/01  
B 01 D 51/10  
C 04 B 7/44

⑦ Aktenzeichen: P 27 24 372.7-23  
⑧ Anmeldetag: 28. 5. 77  
⑨ Offenlegungstag: 7. 12. 78  
⑩ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 13. 2. 86

DE 2724372 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑬ Patentinhaber:  
Klöckner-Humboldt-Deutz AG, 5000 Köln, DE

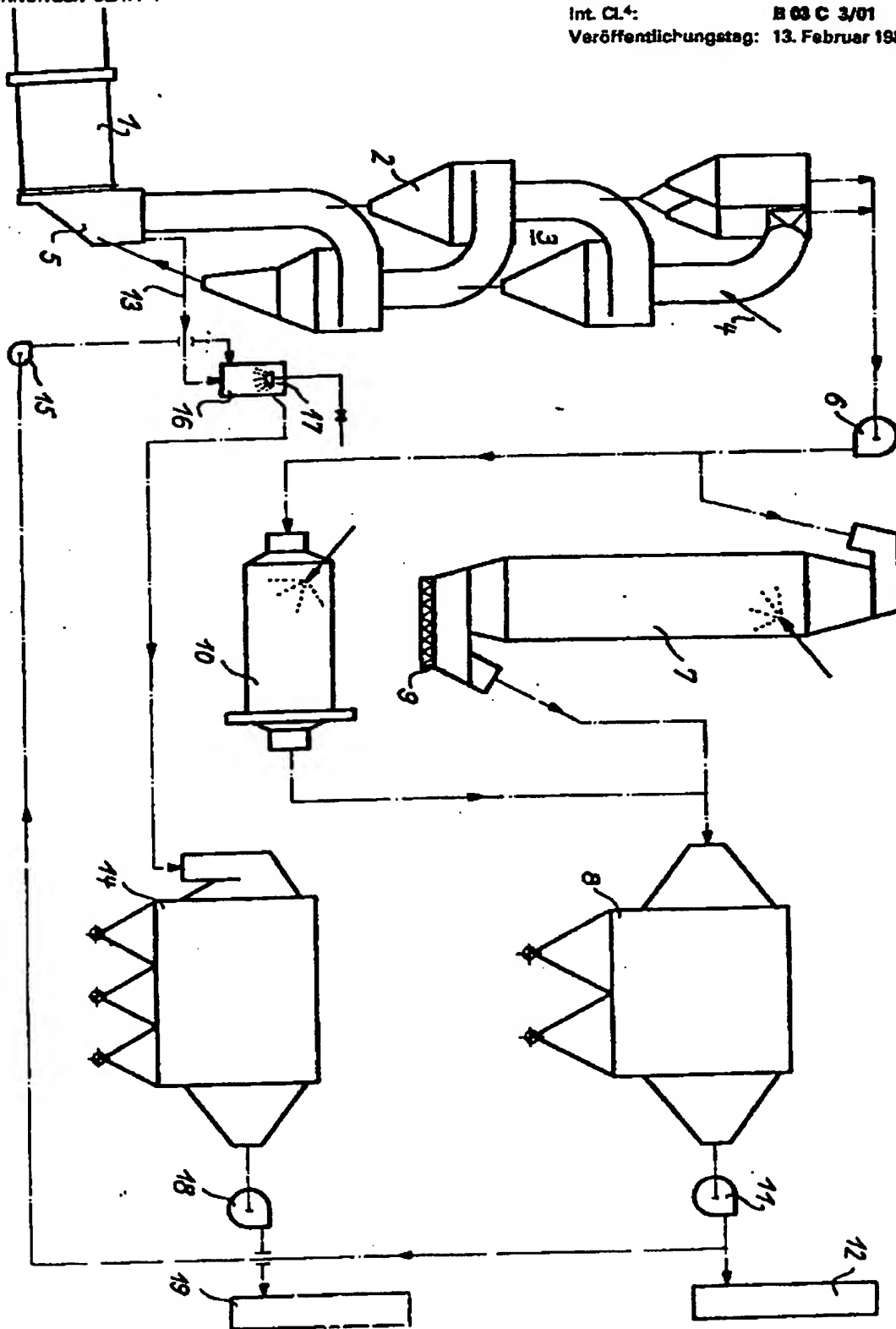
⑭ Erfinder:  
Gaumert, Wolfgang; Ellingen, Karl, 5000 Köln, DE

⑮ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene  
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-PS	5 33 176
DE-PS	5 45 603
DE-PS	5 37 711
US	39 23 538
US	37 84 389
US	28 59 449
US	19 09 825

⑯ Verfahren zum Konditionieren von Bypassgasen

DE 2724372 C2



## Patentansprüche:

1. Verfahren zur Konditionierung und Verwertung von mit Schadstoffen, insbesondere mit Alkalien beladenen Bypassgasen vor Heißgas-Elektroabscheidern in Zementanlagen, dadurch gekennzeichnet, daß den Bypassgasen vor Eintritt in den Elektroabscheider die bereits konditionierten Anlagenabgase und/oder die konditionierten Bypassgase als kühleres gasförmiges Medium zumindest teilweise zugemischt werden, wobei diese Zumischgase eine höhere Taupunkttemperatur als die Bypassgase besitzen, und daß das so konditionierte Bypassgas gereinigt und/oder entstaubt und anschließend zumindest teilweise der Rohmaterialtrocknung und/oder der Mahltrocknung des Zementrohmaterials zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zumischgase eine Taupunkttemperatur von 30 bis 70°C, vorzugsweise von 45 bis 55°C aufweisen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bypassgase durch zusätzlich beigemishtes Wasser abgekühlt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei Zementanlagen mit zumindest teilweiser Verwertung der Anlagenabgase zur Mahltrocknung der Rohmaterialien die Mühlenabgase zumindest teilweise als Zumischgase verwendet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Zumischgas die vorzugsweise mittels Elektroabscheider gereinigten Anlagenabgase und/oder Mühlenabgase verwendet werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Zementanlagen mit Sinterofen und Schwebegaswärmetauscher, die Wärmetauscherabgase zumindest teilweise als Zumischgas verwendet werden.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Konditionierung und Verwertung von mit Schadstoffen, insbesondere mit Alkalien beladenen Bypassgasen vor Heißgas-Elektroabscheidern in Zementanlagen.

Bei der Verwendung von bestimmten Zementrohmaterialien im Zementherstellungsprozeß fallen in den Zementanlagen Alkaliverbindungen an, die bei der Herstellung eines sogenannten Low-Alkali-Zements aus der Zementanlage entfernt werden müssen. Das Alkaliproblem in der Zementchemie und Zementtechnologie liegt darin, daß Alkalioxide bei der Lagerung des Zements an der Luft in Alkalikarbonate übergeführt werden, wobei selbst kleine Mengen von Alkalikarbonaten die Abbindezeit des Zements grundlegend verändern kann und aus einem ursprünglich völlig normal abbindenden Zement einen ausgesprochenen Schnellbinder machen können.

Ein weiteres Alkaliproblem ergibt sich in der Zementbrenntechnik durch hohe Alkalikreisläufe, die in der Zementherstellungsanlage auftreten können, wobei es zu Anbackungen im Ofensystem und zu Veränderungen der Fließigenschaften des Zementrohmeis kommen kann.

Es ist deshalb bereits vorgeschlagen worden, einen etwa 10%igen Teilstrom aus dem alkalihaltigen Hauptabgasstrom des Brennofens abzuzweigen und den aus dem Ofensystem entnommenen Teilstrom von etwa 1100°C mittels Kühlluft indirekt auf die für einen Entstauber erforderliche Temperatur abzukühlen. Diese Maßnahme ist naturgemäß mit erheblichen Wärmeverlusten verbunden.

Die Kühlung der Bypassgase von etwa 1100°C auf die für die Entstaubung der Gase im Elektroabscheider bevorzugte Temperatur von etwa 480°C erfolgt wegen der chemischen Beschaffenheit der Alkalien auch direkt mit kalter Umgebungsluft gegebenenfalls wird eine geringfügige zusätzliche Wassermenge eingebläst. Hierbei entsteht jedoch eine Gas Mischung mit einem sehr niedrigen Taupunkt von nur etwa 20°C. Reingasstaubgehalte in der Größenordnung unter 150 mg/Nm<sup>3</sup>, wie sie je nach Ballungszentrum von dem Gesetzgeber vorgeschrieben werden, lassen sich unter diesen Umständen nicht erzielen.

Aus der Patentliteratur sind weitere Verfahren zur Behandlung von industriellen Abgasen bekannt.

So zeigt die US-PS 37 84 389 eine Zementherstellungsanlage mit einem vierstufigen Zyklonwärmetauscher und einem gutseitig nachgeschalteten Drehrohröfen. Zwischen dem Drehrohröfen und dem untersten Zyklon des Wärmetauschers ist eine Bypassleitung abgezweigt, die in eine Trocknungskammer einmündet. In diese Trocknungskammer wird Wasser zur Abkühlung der heißen Gase und Düngemittelpartikel als Kondensationskerne für die in den Gasen enthaltenen verflüchtigten Alkalien eingeführt. Abgekühlte und gereinigte Gase werden aus der Trocknungskammer abgezogen und mit den Abgasen aus dem Wärmetauscher vermischt und strömen anschließend in einen Elektroabscheider zur Gasreinigung. Die Anlagenabgase werden also verworfen und die Konditionierung der 1000 bis 1200 Grad heißen Bypassgase in der Trocknungskammer erfolgt ausschließlich durch externe Wasserzugabe und Düngemittelpartikel. Da hier die Düngemittelherstellung im Vordergrund steht, werden also hohe Wärmeverluste in Kauf genommen.

Gemäß der US-PS 39 23 536 werden mit flüchtigen Alkalien beladene Drehofenabgase einer Zementanlage zum Teil über eine Bypassleitung aus dem System abgeführt. Die Bypassgase werden anschließend mit Frischluft heruntergekühlt, entstaubt und verworfen. Um die Alkaliprobleme einigermaßen zu beherrschen, müssen auf diese Weise 10% der heißen Ofenabgase aus dem Anlagensystem entfernt werden. Hierdurch entstehen Wärmeverluste, die etwa 10% des gesamten Wärmeverbrauchs der Zementanlage ausmachen. Energieverluste in einer solchen Größenordnung sind in der gegenwärtigen Lage betriebswirtschaftlich und volkswirtschaftlich nicht zu verantworten. Zwar ist in dieser Druckschrift auch vorgeschlagen worden, die heißen Ofenabgase mit heißer Kühlerabluft zu vermischen und diese Mischgase zur thermischen Aufheizung des Zementrohmeis in der Zementanlage zu belassen. Dies kann jedoch nur in den Fällen erfolgreich sein, in denen die Alkalibestandteile in den Rohmaterialien relativ gering und konstant sind. Sobald die Alkalibestandteile unkontrollierbar hohe und schwankende Werte in den Rohmaterialien annehmen, sind solche Maßnahmen zur Beherrschung der Alkaliprobleme ungeeignet, da sich die Alkalien nicht schnell genug auf solche Temperaturen abschrecken lassen, bei denen sie mit Sicherheit in kondensierter fester Form vorliegen.

Die DE-PS 5 35 176 betrifft ein Verfahren zur elektrischen Entstaubung von teerhaltigen Schweißgasen, ohne daß dabei die besonderen Probleme der Beherrschung der Alkalikreisläufe in Zementanlagen angesprochen werden.

Auf dem Hintergrund des eingangs geschilderten Standes der Technik ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Entstaubung insbesondere von mit Alkalien angereicherten Ofenbypassgasen zu schaffen, mit dem es möglich ist, die derzeit im Sinne des Umweltschutzes geforderten niedrigen Reingasstaubgehalte mit Sicherheit zu erreichen. Auch ist es die Aufgabe der Erfindung in den für die Entstaubung vorgesehenen Elektroabscheidern optimale Abscheidebedingungen zu schaffen, damit diese kleiner und kostengünstiger hergestellt werden können.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß den Bypassgasen vor Eintritt in den Elektroabscheider die bereits konditionierten Anlagenabgase und/oder die konditionierten Bypassgase als kühleres gasförmiges Medium zumindest teilweise zugemischt werden, wobei diese Zumischgase eine höhere Taupunkttemperatur als die Bypassgase besitzen, und daß das so konditionierte Bypassgas gereinigt und/oder entstaubt und anschließend zumindest teilweise der Rohmaterialtrocknung und/oder der Mahltrocknung des Zementrohmaterials zugeführt wird.

Durch diese erfindungsgemäßen Maßnahmen erhält die Gas Mischung aus Bypassgasen und Zumischgasen einen Taupunkt, der in einem Temperaturbereich liegt, in dem die Staubabscheidung aus den Bypassgasen im Elektroabscheider begünstigt und dessen Betriebsbedingungen verbessert werden und in welchem die geforderten niedrigen Reingasstaubgehalte mit einem Elektroabscheider kleiner Abmessungen erreichbar sind. Durch die Zumischung des kühleren gasförmigen Mediums kondensieren die flüchtigen Alkaliverbindungen an den Staubpartikeln und können mit diesen fast vollständig aus den Bypassgasen abgeschieden werden. Hierdurch ist es nunmehr möglich, auch eine Absenkung der Alkalien im Klinker zu erreichen, so daß die für einen Low-Alkalizement vorgeschriebene Begrenzung der Alkalien im Klinker nicht überschritten wird. Gleichzeitig wird mit diesen Maßnahmen der Ofenbetrieb der Anlage verbessert, da nunmehr die Flüchtigkeit der Alkalien durch Zusatzstoffe, zum Beispiel Chlor, unbedenklich erhöht werden kann, ohne daß die Gefahr besteht, daß die im Bypassgas sublimierten Alkalipartikel als Feinstaub die Umgebungsatmosphäre belasten.

Die Verwendung bereits konditionierter Ofenabgase trägt nicht nur zu einer besseren Abscheidwirkung des Staubanteils in den Bypassgasen bei, sondern es wird außerdem durch die Verwendung der gereinigten Bypassgase zur Rohmaterialtrocknung ein erheblicher Wärmegewinn erzielt. Werden also die taupunkterhöhenden Zumischgase aus der Anlage zur Abkühlung und Konditionierung der Bypassgase verwendet, können die spezifischen Staubwiderstandswerte optimal eingestellt werden, da Temperatur und Feuchte der bereits konditionierten Anlagenabgase ebenfalls entsprechend eingestellt werden können.

In Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Zumischgase eine Taupunkttemperatur von 30° bis 70°C, vorzugsweise von 45° bis 55°C aufweisen. Hierdurch ist es möglich, besonders wirtschaftlich die kritischen Widerstandswerte des Staubes für eine Elektroabscheidung zu verbessern.

In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vor-

gesehen, daß bei Zementanlagen mit teilweiser Verwertung der Anlagenabgase zur Mahltrocknung der Rohmaterialien die Mühlenabgase zumindest teilweise als Zumischgase verwendet werden. Dieser Vorteil macht sich insbesondere bei der Entstaubung langer Trockendrehöfen bemerkbar, die ohne Wärmetauscher alkalireiches Rohmaterial in süßwasserarmen Gegenden verarbeiten. Hier wird anstelle von Kaltluft das Abgas der Rohrmühle, welches nach einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorteilhafterweise mittels Elektroabscheider gereinigt wurde, zur Kühlung und Konditionierung der alkalihaltigen Abgase verwendet. Zwar wird die Mischkammer für Abgas und Zumischgas etwas größer dimensioniert werden müssen, doch wird durch die Taupunkterhöhung und die damit verbundene Verbesserung der Staubabscheidebedingungen der Elektroabscheider in seinen Abmessungen erheblich kleiner und es wird mit größerer Sicherheit ein niedriger Reingasstaubgehalt erreicht. Falls der alkalihaltige Abscheiderstaub restlos verworfen wird, ist es gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung auch möglich, durch Einspritzen von Salzwasser in die Mischkammer die Abscheideverhältnisse weiter zu verbessern.

Die Erfindung wird anhand einer schematisch dargestellten Zementherstellungsanlage mit Drehrohrofen und Zyklonwärmetauscher näher erläutert, der weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung zu entnehmen sind.

Die dargestellte Zementherstellungsanlage besteht aus einem kurzen Trockendrehofen 1, dem ein aus vier Zyklonen 2 bestehender Schwebegaswärmetauscher 3 vorgeschaltet ist, in den das thermisch zu behandelnde Zementrohmaterial bei 4 aufgegeben wird. Das aufgegebenen Zementrohmaterial durchsetzt im Gegenstrom zu den heißen Gasen aus dem Drehrohrofen 1 die Zyklone 2 des Schwebegaswärmetauschers 3 von oben nach unten und wird in dem untersten Zyklon des Wärmetauschers aus dem heißen Gasstrom ausgeschieden und in den Ofeneinlaufkopf 5 des Drehofens 1 zur weiteren thermischen Behandlung im Drehrohrofen selbst eingeführt.

Die 350—400°C heißen staubbeladenen Abgase des Wärmetauschers werden aus dessen oberstem Zyklon über ein Saugzuggebläse 6 in einen Verdampfungskühler 7 zur Gaskonditionierung geleitet. In diesen Verdampfungskühler wird eine bestimmte auf das zu kühlende Gasvolumen bezogene Wassermenge eingedüst, die sich aus der Gasanfangs- und Gasendtemperatur und der Gasfeuchte ergibt. Hierdurch werden die etwa 350° bis 400°C heißen Abgase auf eine Temperatur von etwa 180° bis 100°C abgesenkt. Gleichzeitig wird der Taupunkt der Gase durch die Verdampfung des zusätzlich eingedüsten Wassers erhöht und das Gasstaubgemisch so konditioniert, daß der Widerstand des Staubs unterhalb des kritischen Staubwiderstandes von 10<sup>11</sup> · cm liegt.

Haben die abzuschneidenden Rohmehlstäube einen Staubwiderstand von 10<sup>11</sup> · cm erreicht, dann ist eine Betriebstemperatur von ca. 150°C ausreichend, um mit dem dem Verdampfungskühler 7 nachgeschalteten Elektroabscheider 8 Reingasstaubgehalte von 100 mg/Nm<sup>3</sup> und darunter zu erzielen und den diesbezüglichen Auflagen des Gesetzgebers nachkommen zu können.

Da der Verdampfungskühler 7 im Gleichstrom von dem staubhaltigen Gas von oben nach unten zusammen mit dem eingedüsten Wasser durchströmt wird, an dessen unterem Ende das Gas umgelenkt und zum Elektroabscheider 8 geleitet wird, fällt der Staub in einer Men-

ge von etwa 10 bis 20% des Gesamtstaubgehaltes bezogen auf den Gas Eintritt aus und sammelt sich am unteren Teil des Verdampfungskühlers an, wo er mittels einer Förderschnecke 9 abtransportiert wird.

Ein Teil der aus dem Wärmetauscher 3 vom Gebläse 6 5 geförderten heißen Abgase werden unter Umgebung des Verdampfungskühlers 7 einer Mahltrocknungseinrichtung vorzugsweise einer Rohrmühle 10 zugeführt. Es ist mahltechnisch und chemisch erforderlich, die Temperaturen innerhalb des Mahlprozesses in der Rohrmühle unter anderem durch Eindüsung von Wasser zu begrenzen. Unter Berücksichtigung bestimmter Betriebsverhältnisse richtet sich die in die Rohrmühle einzudüsende Wassermenge nach der Temperatur des zu vermahlenden Klinkers, der Mahlfineinheit usw. Die 15 sich durch die Wassereindüsung ergebende Erhöhung des Taupunktes der Mühlenabgase ermöglicht wiederum deren optimale Abscheidung in dem Elektroabscheider 8. Im Anschluß an die Gasentstaubung in dem Elektroabscheider 8 werden die Abgase von einem Gebläse 20 11, einer nicht näher dargestellten Anlage 12 zur Materialtrocknung zugeleitet.

Bei der Verwendung bestimmter alkalienhaltender Rohmaterialien fallen im Brennprozeß Alkaliverbindungen an, die zu Veränderungen des hergestellten Zements bzw. zu starken Ansatzbildungen und Kreislauferscheinungen im Drehrohren-Wärmetauschersystem führen. Diese im Brennprozeß störenden Alkaliverbindungen werden durch eine Teilgasabsaugung über eine Bypassleitung 13 aus dem Ofensystem entfernt. 25 30

Da diese Bypassgase bisher entweder direkt verworfen wurden oder sich in einem Entstaubungssystem mit Abkühlung der Bypassgase durch kalte Umgebungsluft oder Wassereindüsung nur unzureichend entstauben ließen, wird nunmehr den Bypassgasen vor Eintritt in einen für die Entstaubung der Bypassgase separat vorgesehenen Elektroabscheider 14 als kühlendes gasförmiges Medium wenigstens eine Teilmenge der bereits im Verdampfungskühler 7 konditionierten und im Elektroabscheider 8 gereinigten Ofenabgase zugemischt, 35 40 welche eine Taupunkttemperatur von ca. 45 bis 55°C bei einer Gastemperatur von 90 bis 100°C aufweisen.

Diese Zumischgase werden über ein Gebläse 15 mit den heißen alkalihaltigen Bypassgasen aus dem Drehofen 1 in einer Mischkammer 16 durch Drallführung der Gase so intensiv vermischt, daß unter Berücksichtigung der jeweiligen Gasmengenanteile am Ausgang der Mischkammer sich eine Mischgastemperatur von etwa 480°C und darunter einstellt. Zusätzlich erfolgt über eine Verdüsungseinrichtung 17 eine Wassereindüsung 50 von etwa 15 g/Nm<sup>3</sup> in die Mischkammer 16, um die für die optimale Betriebstemperatur eines Elektroabscheiders erforderliche Gastemperatur von etwa 380°C zu erreichen. Der Taupunkt der aus der Mischkammer 16 abgezogenen Mischgase stellt sich dann auf etwas über 50°C ein, so daß in dem der Mischkammer 16 nachgeschalteten Elektroabscheider 14 optimale Abscheidebedingungen für den Zementstaub und die in der Mischkammer zu Feinstäuben sublimierten Alkalien herrschen. Die aus dem Elektroabscheider 14 über ein Gebläse 18 abgezogenen und gereinigten Bypassgase können anschließend bei der Rohmaterialtrocknung 19 verwendet werden, so daß sich hierdurch ein erheblicher zusätzlicher Wärmegewinn für das Gesamtsystem erzielen läßt. 55 60

Die vorliegende Erfindung ist nicht nur auf das dargestellte Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern es läßt sich nach diesem Verfahren mit Vorteil die Entstaubung

langer Trockendrehöfen ohne Wärmetauscher durchführen, wobei die alkalihaltigen Abgase bei der Verarbeitung alkalireichen Rohmaterials anstelle mit Kaltluft aus der Umgebung mit den Abgasen der Rohrmühle 5 gekühlt werden, das bereits von einem Elektroabscheider gereinigt wurde. Das erzeugte Mischgas ist hinsichtlich der Temperatur und des Taupunktes so optimal konditioniert, daß auch hier in einem Elektroabscheider kleiner Abmessungen mit großer Sicherheit niedrige 10 Reingasstaubgehalte erreicht werden.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen